科 学 通 报
第 38 卷 第 23 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1993 年 12 月

煤和陆源有机质烃源岩特点和有机组分分类*

王飞宇 傅家谟 刘德汉
(石油大学，北京 102200) (中国科学院地球化学研究所广州分部，广州 510640)

关键词 煤和陆源有机质烃源岩、显微组分、超微组分、有机岩石学

煤和陆源有机质烃源岩是我国重要的烃源岩类型，自从吐鲁番-哈密盆地石油、天然气勘探取得重大突破后，煤和陆源有机质作为生油岩在我国进一步受到重视，本文采用反光、透光、荧光和透射电镜相结合的有机岩石学分析方法，通过对我国八个地区(南华北、吐哈、长广、准噶尔、莺琼、大民屯、珠江口、伊通)五百多块煤和陆源有机质烃源岩全岩和干酪根样品的详细分析[1]，讨论了煤和陆源有机质烃源岩的特色、有机组分分类和有机岩石学评价原则。

1 煤和陆源有机质烃源岩特色

煤和陆源有机质烃源岩明显不同于海相和湖相腐泥型烃源岩，其主要特色表现在：

(1) 烃源岩有机质中以高等植物贡献占绝对主导地位.

(2) 有机显微组成上明显的不均一性：包括了生油的富氢组分和不生油的贫氢组分，且数量上一般以后者为主，不象海相和湖相腐泥型烃源岩其中有机显微组分大多数为生油富氢组分，在煤和陆源有机质烃源岩中很大一部分有机质是不生油的，只有一部分有机显微组分生油.

(3) 生油显微组分组成上的复杂性：在海相湖相腐泥型生油岩中，生油组分主要是藻类体和腐泥无定形体，组成上相对单调，生油窗相对较窄，生油高峰十分明显，一般位于镜质体反射率 0.90%R_o 左右，在煤和陆源有机质烃源岩中生油富氢组分包括了壳质组分(孢子体，角质体，不同类型树脂体，表皮体，木栓质体，碎屑壳质体等)，腐泥组分(藻类体，沥青质体)，部分无定形体(腐泥无定形体，菌解腐殖无定形体)和富氢镜质体. 不仅不同显微组分演化途径存在差异，而且同一显微组分不同亚显微组分的演化途径也可能存在明显差异. 这种复杂性导致了煤和陆源有机质烃源岩有其类型和演化问题，没有单一的生油门槛和生油窗，也没有一个固定的生油模式，常表现为生油门槛较早，生油窗相对较宽，生油高峰不明显. 煤和陆源有机质生油岩的生油窗和生油模式取决于其中生油组分的数量和组成.

(4) 生油显微组分成烃演化上的差异性：煤和陆源有机质烃源岩生油组分成烃序列上可分为三类：第一类为低成熟成烃显微组分，包括了萜烯体、荧光体、木栓质体 I、表皮体和某些

1993-05-26 收稿，1993-08-10 收修改稿.
* 有机地球化学国家重点实验室资助项目.
1) 王飞宇，煤和陆源有机质生油岩特征和煤成液态烃生成，中国科学院地球化学所广州分部博士论文，1992.

非叶源树脂体，生油窗在镜质体反射率 0.30—0.80%R_o 左右，在 0.50%R_o 达到生油高峰；第二类包括某些非叶源树脂体、琥珀树脂体、菌解腐殖无定形体，大部分富氢镜质体，生油窗和生油高峰介于第一类和第三类之间；第三类为正常成熟度成油显微组分，包括了孢子体、角质体、藻类体，主要由超细纹层（Ultralaminae）组成的无定形体等，其生油窗 0.60—1.30%R_o，生油高峰位于 0.80—0.95%R_o.

（5）煤和陆源有机质烃源岩显微组分组成上一般以镜质组占主导地位，存在着不同生烃潜力的不同富氢类型的镜质体，部分镜质体中含有一定数量的超微类脂体[1]，超微类脂体是此类烃源岩重要生烃母质.

（6）煤和陆源有机质烃源岩中无定形有机质以腐殖无定形体，惰质无定形体和菌解腐殖无定形体为主，一般其中较少含有超细纹层，较少与层状藻类体，结构藻类体共生；而海相和湖相腐泥型烃源岩中无定形有机质以腐泥无定形体为主，其中含有较丰富超细纹层，一般与层状藻类体和结构藻类体共生.

（7）煤和陆源有机质烃源岩中常含有厚薄不等的煤层，煤层是这类烃源岩有机质主要存在形式，煤层中烃类运移是典型微裂隙运移，其主要运移通道是煤层中的裂隙孔隙[1].

（8）煤和陆源有机质生油岩有机碳含量较高，反映其有机质丰度较高，但有机碳中很大一部分属于不生油显微组分贡献.

2　煤和陆源有机质烃源岩有机组分分类

煤和陆源有机质烃源岩中有机质包括了富集型的煤和分散有机质干酪根. 煤显微组分分类系统在国际上已经基本拟就，并且在国际煤岩学辞典中作了详细论述，分类以光片研究为基础，并侧重于化学工艺性质和植物结构保存程度. 遗留下来的问题正在酝酿解决之中，这些问题主要包括假镜质体问题，过渡组分的进一步认识和无定形显微组分的区分等.

分散有机质显微组分分类由于其在成因上的复杂性，分类原则和研究方法上不同远未达到一致看法，微观目前已有的沉积体中分散有机质的分类[2-4]，可主要归为两个不同体系，一是主要采用煤岩学方法，即以反光（白光和荧光）观察全岩样品，分类术语以 ICCP 煤显微组分分类术语为基础，以 Teichmuller[3] 分类方案为代表，另一体系则主要采用孢粉学研究方法，即主要采用透射光研究干酪根，以 Burgess（1974）分类方案最有影响. 比较起来，前者研究方法较优越，特别注重高等植物成因显微组分，但对细分散和无定形有机质则分类显得不够完善. 而后者分类简明，分类中采用纯成因术语，使用上具有较大人为性. 近十年来为了弥补上述二个体系的缺陷，新的分类不断推出[5,6]，其趋势是全岩反射光观察和干酪根透光观察统一，提倡均在反光下观察，以 ICCP 煤显微组分分类为基础，采用统一的分类系统和术语，对低等浮游植物，细菌有机质，动物有机组分作了较详细描述，并注重成熟度的影响.

作者认为由于烃源岩的缤纷复杂，很难用统一的包罗万象的分类方案来反映烃源岩特征，如碳酸盐烃源岩，湖相腐泥型烃源岩，煤和陆源有机质烃源岩它们在有机质赋存形式，有机组分组成上存在很大差异，应针对烃源岩特点和评价需要采用不同的有机组分分类方案. 通过对大量含煤岩系煤和分散有机质干酪根镜检比较，作者原则上同意 Teichmuller 等[2]的观点，分散有机质在成因和光性上均能和煤中显微组分对比. 因此，煤和陆源有机质烃源岩显微组

1）同 2164 页脚注.

分分类系统应基本上与目前广泛使用的 ICCP 煤显微组分分类系统一致，但是我们注意到分散有机质赋存形式显著不同于煤，一是大多数分散有机质呈非常细的分散状态存在，常在微米级以下，只有微米级以上的颗粒有机质才能用显微组分描述，微米级以下的细分散有机质多与矿物质在一起组成矿物-沥青基质；二是从定量观点来看，无定形有机质通常远较可以辩认结构和形态的有机碎屑多得多. 如用全岩光片，大部分有机质只能描述为矿物-沥青基质，若采用干酪根光片和薄片，大部分有机质只能描述为无定形体，而目前对矿物-沥青基质的组成，无定形体类型的划分仍没有明确认识. 另一方面，光学显微镜对分析煤中镜质体的微细组成，碎屑壳质体的数量上显示了一定的局限性. 针对煤和陆源有机质烃源岩的特点，以准确评价煤和陆源有机质烃源岩生烃潜力为目的，并参考国际上有影响和经常使用的分类，作者提出的煤和陆源有机质烃源岩有机组分分类方案如表 1，并说明如下：

表 1 煤和陆源有机质烃源岩有机组分分类

显微组分		亚显微组分(类型)	TEM	成 因	无定形有机质
惰性组	丝质体 半丝质体 粗粒体 菌类体 碎屑惰性体			高等植物木质纤维组织丝炭化作用产物	惰质无定形体
镜质组	结构镜质体	富氢镜质体(类型)	镜质体 I 镜质体 II	主要是高等植物木质纤维组织凝胶化作用产物	腐殖无定形体
	无结构镜质体	正常镜质体(类型)	镜质体 III 镜质体 IV		
	碎屑镜质体	贫氢镜质体(类型)	镜质体 V		
类脂组	壳质组 孢子体		超微类脂体 Submicro-lipitinite	高等植物中类脂物，包括保护组织、分泌物和繁殖器官	菌解腐殖无定形体
	树脂体	萜烯体(Terpenite)			
	角质体	厚壁角质体			
		薄壁角质体			
	木栓质体	木栓质体 I			
		木栓质体 II(树皮体)			
	表皮体				
	荧光质体				
	碎屑壳质体				腐泥无定形体
	腐泥组 藻类体	结构藻类体		浮游藻类和细菌及其藻类和菌类降解产物为主	
		层状藻类体			
	沥青质体				
次生组	渗出体 微粒体		亚微粒体	富氢显微组分成烃次生产物	
	矿物-沥青基质 动物有机体				

(1) 分类中反射光和透射光，全岩分析和干酪根分析，术语是统一的，研究方法上采用反光、荧光、透光和透射电镜相结合.

(2) 分类系统和术语以 ICCP 煤显微组分分类为基础，根据显微组分光性、生物先质以及成因和成烃潜力等方面差别，划分出镜质组、壳质组、腐泥组、惰质组、次生显微组分组，作者认

为必须区分开高等植物成因的壳质组和低等生物成因的腐泥组，这二类显微组分无论在先驱物、形成环境、生烃门限、生烃潜力等方面均有明显差别. 次生显微组分组因其特殊意义，故单独列出. 动物成因的有机显微组分在陆源有机质烃源岩中数量较少，分类中列出描述.

(3) 煤和陆源有机质中显微组分数量上以镜质组占主导地位，且镜质组中主要是无结构镜质体，ICCP 镜质组显微组分，亚显微组分划分的主要依据是植物结构保存程度和形态，但在评价煤和陆源有机质烃源岩特征时镜质体富氢类型评价是一个关键性问题. 作者强调镜质体类型划分的重要性，将镜质组分为富氢、正常、贫氢三类，并与 TEM 分析结果对比[1]，因此，一方面应对镜质组显微组分和亚显微组分进行描述，另一方面必须对镜质体类型作出评价 .

(4) 表 1 列出的壳质组均来自高等植物有机质，其中表皮体来源于富氢的表皮细胞壁；木栓质体包括了性质、形态和成烃特征有较大差异的木栓质体 I 和木栓质体 II，前者来源于木栓化细胞壁，后者即我国华南二叠系煤中特别丰富的树皮体，其细胞壁和细胞腔均栓质化或仅细胞腔栓质化而细胞壁类似于镜质体. 树脂体中萜烯体来源于植物叶树脂分泌物，其光性特征和成烃作用具特殊性，故专门列出.

(5) 据 TEM 分析，确立了超微类脂体在煤、干酪根和矿物-沥青基质中的广泛存在，超微类脂体根据其形态和结构可作进一步划分，典型的如超细纹层[7]. 根据镜质体中超微类脂体含量将镜质体分为五种类型[1]. 另外，亚微粒体也是常见超微组分，许多微粒体系由亚微粒体融合归并而成.

(6) 矿物-沥青基质不属于有机显微组分范畴，它是无机矿物和超细微有机质甚至分子级有机质混合体，其中有机质大小上多处于亚显微尺度；在未成熟和成熟阶段主要由荧光而显示出来. 作者认为具荧光性的矿物沥青基质有机质成因上主要属于腐泥无定形有机质和菌解腐殖无定形有机质，腐殖质和惰质细分散有机质因不具荧光，光变幅度小，在荧光下实际上难以识别，一般采用富集后干酪根光片或薄片研究分散无定形有机质.

(7) 无定形有机质是烃源岩分散有机质的主要存在形式，按光性特征，特别是荧光性和光变特征可分为四类：惰质无定形体、腐殖无定形体、菌解腐殖无定体、腐泥无定形体. 前二者的光性特征分别对应于无结构惰质体和镜质体，分别无荧光和荧光较弱；菌解腐殖无定形体来源于高等植物有机质的强烈细菌降解，其初始荧光常较弱，呈暗褐色、褐色、土黄色，具极其明显正光变，光变幅度大，其光性和成因介于基质镜质体/沥青质体之间；腐泥无定形体主要来自菌藻类降解产物. 菌解腐殖无定形体和腐泥无定形体的主要区别是初始荧光强度和光变梯度，前者初始荧光强度小，光变梯度大，超微组成上较少见有超细纹层；后者初始荧光强度大，光变梯度小，超细组成上常见超细纹层. 菌解腐殖无定形体是我国陆源有机质烃源岩中常见的特征性生油组分，无定形有机质分类没有在显微组分分类系统(表 1 左边)中列出，这主要考虑到：(a)无定形体结构不均一，许多情况下不能视作显微组分，它是微细有机碎屑的混合体；(b) 光性特征上，表 1 左边中已有与之相对应的显微组分，如腐殖无定形体在光性特征上相当于无结构镜质体；(c) 作者提出的菌解腐殖无定形体实际上是一种过渡组分，因此无定形有机质类型划分列于表 1 右边.

3　煤和陆源有机质烃源岩有机岩石学评价原则

在有机质丰度、成熟度和类型三大评价要素中关键是如何准确评价煤和陆源有机质烃源岩类型或生烃潜力. 由于煤和陆源有机质烃源岩上述的特点，有机岩石学是评价此类烃源岩

比较有效的方法，煤和陆源有机质烃源岩有无生油潜力，生油潜力有多大，生成的气态烃和液态烃什么性质主要取决于其中富氢组分的数量和种类，富氢组分包括了壳质组分、腐泥组分和超微类脂体，后者存在于镜质体、惰质体、无定形有机质和矿物沥青基质之中. 煤和陆源有机质烃源岩有机岩石学评价在方法上应以荧光显微镜为主，并结合反光和 TEM 分析，研究层次必须包括显微组分、亚显微组分和超微组分，具体来说：

(1) 必须对镜质体类型作出准确评价，明确富氢镜质体对液态烃和湿气生成的可能贡献，不同类型镜质体性质的差异性是煤和陆源有机质生油潜力与壳质组或类脂组数量没有良好相关关系的主要原因.

(2) 必须在显微组分、亚显微组层次描述壳质组和腐泥组显微组分数量，才能对此类烃源岩生油窗、生成液态烃和气态烃性质作出评价.

(3) 必须对无定形有机质类型作出准确评价，详细的荧光光度学和 TEM 分析是必不可少的，光变幅度比荧光强度更能反映无定形有机质类型；另一方面，超细纹层的数量是无定形体类型的重要标志.

(4) 必须注意超微类脂体的贡献，大部分腐殖煤中镜质组数量上占绝对优势，许多腐殖煤有无生成液态烃的希望及生成气态烃的干湿程度取决于其中超微类脂体的含量.

参 考 文 献

[1] 王飞宇等，科学通报，1993，**38**(2)：151—154.
[2] Teichmuller, M. *et al.*, *Erdol Kohle*, 1977, **30**:387—398.
[3] Teichmuller, M., *Org. Geochem.* 1986, **10**:581—599.
[4] Robert, P., *Intern. J. Coal. Geol.*, 1981, **1**:103—138.
[5] Mukhopadhyay, P.K. *et al.*, *Erdol Kohle*, 1985, **38**:7—18.
[6] 肖贤明等，科学通报，1990，**35**(12)：922—924.
[7] Derenne, S. *et al.*, *Geochimica et Cosmochemica Acta*, 1991, **55**:1041—1050.